

XXX CLH

CONGRESO LATINOAMERICANO
DE HIDRAULICA | BRASIL | 2022

ANALES

- VOLÚMEN 6 A -

AGUA, AMBIENTE Y SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO



International Association
for Hydro-Environment
Engineering and Research

Hosted by
Spain Water and IWHR, China

Organizadores

Dr. Cristiano Poletto - UFRGS (Presidente)
Dr. José Gilberto Dalfré Filho - UNICAMP
Dr. André Luís Sotero Salustiano Martim - UNICAMP

**ANALES DEL
XXX CONGRESO LATINOAMERICANO DE
HIDRÁULICA 2022**

- VOLÚMEN 6 A -
AGUA, AMBIENTE Y SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO



Madrid – España
2023

Copyright © 2023, by IAHR Publishing.

Derechos Reservados en 2023 por **IAHR Publishing.**

Montaje: Cristiano Poletto

Organización General de la Obra: Cristiano Poletto; José Gilberto Dalfré Filho;
André Luís Sotero Salustiano Martim

Maquetación: Juliane Fagotti; Cícero Manz Fagotti

Relectura General: Elissandro Voigt Beier

Portada: Juliane Fagotti

Cristiano Poletto; José Gilberto Dalfré Filho; André Luís Sotero Salustiano Martim
(Organizadores)

ANALES del XXX Congreso Latinoamericano de Hidráulica – VOLÚMEN 6 A – AGUA,
AMBIENTE Y SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO/ Organizadores: Cristiano Poletto; José
Gilberto Dalfré Filho; André Luís Sotero Salustiano Martim – MADRI, España: IAHR
Publishing, 2023.

844.: il.;

ISBN • 978-90-832612-7-0

*ES AUTORIZADA la libre reproducción, total o parcial, por cualquier medio, sin
autorización escrita del Editor o de los Organizadores.*

DIAGNÓSTICO DE DIRETRIZES RELACIONADAS À MINIMIZAÇÃO DOS EFEITOS DAS INUNDAÇÕES NA BACIA DO RIO DOS SINOS/RS

1Diego Luiz Gossler, 2Jussara Cabral Cruz

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil
1diegol.gossler@hotmail.com, 2jussaracruz@gmail.com

RESUMO:

O crescimento da população implica na necessidade por áreas para construções de habitações, edifícios, infraestrutura, entre outros. Em alguns casos, parte da população passa a ocupar áreas baixas, como as planícies de inundação (Frutuoso, Grigio e Barros, 2020).

Ocupar e impermeabilizar a planície de inundação expõe as pessoas ao risco, bem como causa alteração do fluxo das águas, reduzindo a infiltração e agravando a situação (Ludy e Kondolf, 2012, tradução nossa).

Algumas alternativas técnicas podem contribuir para a minimização das consequências das inundações. As medidas não estruturais geralmente tem um custo menor de implantação quando comparadas às medidas estruturais. Sua aplicação depende das características do local, do tipo de aplicação, do planejamento e dos resultados esperados (Ramos et al, 2017, tradução nossa; METROPLAN, 2018; Denardim, 2019).

O Plano Diretor de um município se insere como uma lei urbanística que deve considerar o mapeamento das áreas inundáveis em seus critérios de uso e ocupação do solo, restringindo a sua ocupação, quando necessário (Brasil, 2018).

Este artigo apresenta um estudo em andamento, que objetiva reunir informações para contribuir no processo de inclusão do zoneamento da planície de inundação no Plano Diretor Urbano e Ambiental do Município de Rolante, localizado na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, RS, Brasil, além de propor um manual para orientação à equipe técnica da Prefeitura de Rolante.

ABSTRACT:

Population growth implies the need for areas for construction, housing, buildings, infrastructure, among others. In some cases, part of the population moves to low-lying areas, such as floodplains (Frutuoso, Grigio and Barros, 2020).

Occupying and waterproofing the floodplain exposes people to risk, as well as altering the flow of water, reducing infiltration and aggravating the situation (Ludy and Kondolf, 2012, our translation).

Some technical alternatives can contribute to minimizing the consequences of floods. Non-structural measures generally have a lower implementation cost when compared to structural measures. Its application depends on the characteristics of the place, the type of application, the planning and the expected results (Ramos et al, 2017, our translation; METROPLAN, 2018; Denardim, 2019).

For this, the director plan is inserted as an urban law that owes the mapping of floodable areas in its criterion of land use and occupation, restricting its occupation, when necessary (Brasil, 2018).

With this, this article presents a study in, it aims to gather information to contribute to the process of including the zoning of the location of the Urban and Environmental Plan of the Municipality of Rolante, located in the Hydrographic Basin of Rio dos Sinos, RS, Brazil, in addition to proposing a manual for guidance to the technical team of Rolante City Hall.

PALAVRAS CHAVES: Plano Diretor; Zoneamento; Mapa

1. INTRODUÇÃO

Na medida em que a população aumenta, cresce a necessidade de demanda por recursos naturais, bem como há o aumento do número de construções e habitações. Muitas vezes, devido a uma série de fatores, as edificações são construídas em áreas baixas e ribeirinhas, estando sujeitas às inundações (Frutuoso, Grigio e Barros, 2020).

A urbanização e a ocupação das planícies de inundação alteram o regime hidrológico, restringindo o fluxo das águas e reduzindo as áreas de infiltração, potencializando os efeitos das inundações e sua probabilidade de ocorrência em terras a jusante (Ludy e Kondolf, 2012, tradução nossa).

A definição e a classificação dos eventos hidrológicos são baseadas nas características de cada evento. Conforme Tucci (2005), Brasil (2007) e Leal (2019), as inundações possuem como característica o transbordamento das águas de seu canal de drenagem, atingindo áreas marginais ao curso hídrico, comumente delimitadas como planícies de inundação.

Como alternativa para minimizar a problemática das inundações, uma série de medidas podem ser empregadas. Estas medidas podem ser classificadas como estruturais (ex. diques de proteção, reservatórios, bacias de retenção, retificações de rios, entre outros) ou não-estruturais (ex. zoneamento de áreas inundáveis, sistemas de alerta, regramento de uso do solo, entre outros). A definição do tipo de medida a ser utilizada, seja individualmente ou em conjunto, vai depender das características do local de estudo, do planejamento feito e dos resultados que são esperados (METROPLAN, 2018; Denardim, 2019).

Dentre as alternativas existentes, destacamos a relevância em aplicar medidas não estruturais. Geralmente estas medidas têm um custo de implantação menor quando comparado ao uso das medidas estruturais (Ramos et al, 2017, tradução nossa), e estão relacionadas principalmente a organização, planejamento e ordenamento territorial, a exemplo do uso de mapeamentos, zoneamentos, diretrizes, legislações e manuais.

Conforme Brasil (2018), as leis urbanísticas precisam considerar as áreas inundáveis nos seus critérios de uso e ocupação do solo, e neste caso, estas áreas devem ser consideradas como áreas restritas à urbanização.

Ainda, a elaboração e revisão dos planos diretores deve conter, em sua estrutura, a definição de estratégias para mitigação ou solução para situações de risco, alagamento ou inundações (MDR, [202-?]).

Nesse contexto, este artigo apresenta informações de um estudo em andamento, cujo objetivo principal é reunir informações para auxiliar no processo da inclusão do zoneamento de áreas inundáveis no Plano Diretor Urbano e Ambiental do Município de Rolante, localizado na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, RS, Brasil. Como objetivo secundário temos a elaboração de um manual técnico orientativo, que possa auxiliar a equipe técnica da Prefeitura de Rolante nos processos de licenciamento ou concessão de autorizações de obras e intervenções em áreas sujeitas à inundação.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos está localizada no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Possui cerca de 3.756,68 km² de extensão, com população aproximada de 1.249.000, estando boa parte desta população localizada na Região Metropolitana de Porto Alegre, em áreas urbanizadas (Metroplan, 2018).

O principal curso hídrico é o Rio dos Sinos, com extensão aproximada de 200 km, com variação de altitude de 750 metros (nascente) para 5 metros (foz), fazendo com que ocorram inundações com diferentes características na bacia hidrográfica (Metroplan, 2018).

Nesta bacia está localizada a cidade de Rolante, objeto do presente estudo. Possui 296 km² de extensão, estando totalmente inserido dentro da bacia hidrográfica do Rio dos Sinos. Sua população é estimada em 21.591 habitantes. A densidade demográfica é de 65,91 hab/km² (IBGE, 2022).

Rolante está localizado na região da bacia hidrográfica conhecida como “alto sinos”, tendo como principais características a diferença significativa de declividade no curso d’água, além de menor densidade populacional quando comparado a outras regiões da bacia. Nesta região há predominância de áreas rurais, com formação de núcleos urbanos. Devido à declividade e aos canais mais estreitos dos cursos d’água, as inundações possuem características mais rápidas, durando algumas horas (METROPLAN, 2018).

Os principais cursos d’água da cidade são o Rio Areia e o Rio Rolante. Ambos percorrem a região central de Rolante. O Rio Areia é afluente do Rio Rolante, e este por sua vez é um dos principais afluentes do Rio dos Sinos.

A Figura 1 ilustra a localização da área de estudo.

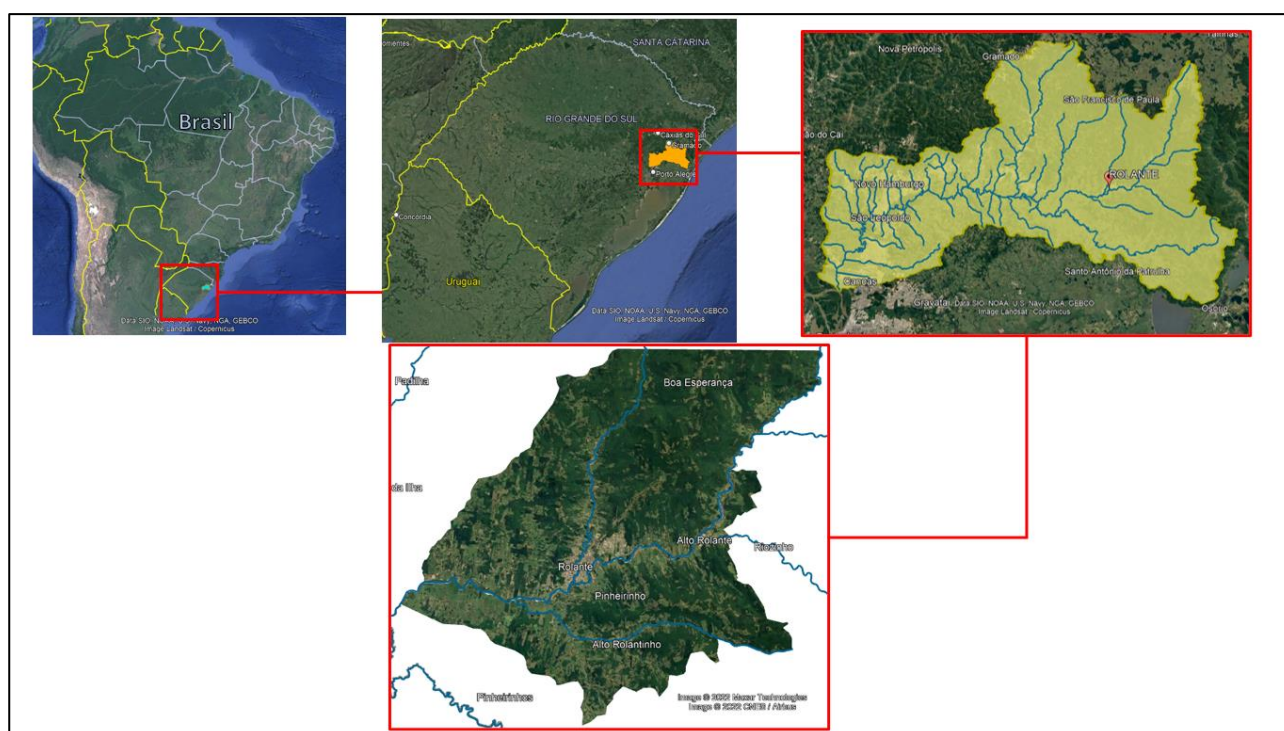


Figura 1.- Localização da área de estudo (Google Earth Pro. Acesso em 19/05/2022; elaborado pelo autor)

3. METODOLOGIA

Conforme Tucci (2005), Brasil (2007) e Leal (2019), as inundações se caracterizam pelo transbordamento das águas do canal de drenagem, passando a atingir as áreas marginais ao curso hídrico. Estas áreas normalmente são classificadas como planícies de inundação, diferenciando-se das cheias (ou enchentes), enxurradas e alagamentos.

Isto posto, faz-se necessário que as leis urbanísticas considerem as situações atuais e futuras esperadas para uso e ocupação do solo, estabelecendo restrições de ocupação naquelas áreas diagnosticadas com risco às inundações, além da adoção de medidas complementares para proteção da população (Brasil, 2018). Isso permitirá que as cidades passem a agir de forma preventiva, de forma a minimizar os problemas ocasionados pela ocupação de áreas de risco.

Como o estudo está em andamento, algumas etapas estão em desenvolvimento.

Neste sentido, as informações descritas foram baseadas nos dados mais recentes disponíveis.

3.1 Análise dos mapas disponíveis

Buscamos realizar a consulta e pesquisa dos mapeamentos que foram elaborados para o município de Rolante, que apresentassem informações sobre as áreas inundáveis e que fossem relevantes ao presente estudo.

Como o município de Rolante dispõe de poucos estudos e mapeamentos sobre as áreas inundáveis, analisamos todos de maneira geral. Os mapas que tivemos acesso foram os elaborados pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM (2012 e 2016), Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos - COMITESINOS (2016), Bhios Ambiental (2016) e Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional – METROPLAN (2018).

A análise dos mapas consistiu em verificar qual a relevância destes para o presente estudo, quais os critérios técnicos de elaboração utilizados, qual o tempo de retorno utilizado, qual o detalhamento das informações geradas, bem como outros requisitos adicionais aplicáveis.

3.2 Restrições de uso das áreas inundáveis

Brasil (2007) estabelece uma metodologia para a realização da classificação e setorização inicial das áreas com risco as inundações ou movimentos de massa. Trata-se de uma análise preliminar, que deve ser subsidiada por levantamentos complementares.

Para a classificação do uso das áreas, passamos a considerar os levantamentos realizados com tempo de retorno (TR) de 100 anos elaborados pela METROPLAN, concluídos no ano de 2018 e complementados em 2020. O TR 100 é utilizado em muitas situações como referência para fins de planejamento, como nos Estados Unidos (Ludy e Kordolf, 2012, tradução nossa) e em Bangladesh (Tingsanchali e Karim, 2005, tradução nossa). O TR 100 significa dizer que a inundação poderá atingir determinado nível mapeado uma vez a cada 100 anos, ou, significa dizer que aquele evento tem 1% (um por cento) de probabilidade de ocorrer anualmente.

O trabalho desenvolvido pela METROPLAN (METROPLAN, 2018) sugere que toda a área existente dentro da planície de inundação deve ser considerada com “restrição à ocupação”. Neste caso, medidas adicionais devem ser consideradas para sub classificar estas áreas.

Com isso, estas áreas podem ser subdivididas de maneira a compatibilizar eventuais ocupações, caso sejam constatados menores riscos associados e menor interferência na altura e fluxo das águas, pois apresentam velocidades próximas de zero, cabendo o uso dos dados de profundidade da água como parâmetro para definição dos critérios de uso (METROPLAN, 2018).

Nas áreas mapeadas como “restrição de ocupação”, não é recomendada a realização de intervenções que ocasionem elevação do nível da água acima de 30 cm, nem intervenções que possam causar impactos significativos nas áreas com ocupação já consolidada (METROPLAN, 2018).

As áreas mapeadas pela METROPLAN como “alto risco à vida” estão localizadas nas zonas de passagem das cheias. Essa classificação se deve ao fato de o produto da velocidade *versus* profundidade ser superior a 0,5 m³/s para o TR 100, e neste caso, oferecer alto risco à ocupação destas áreas (METROPLAN, 2018), não sendo permitido qualquer tipo de ocupação.

3.3 Regramentos de uso e ocupação do solo

Para entender como o município de Rolante estabeleceu seus regramentos de uso e ocupação do solo, realizamos a análise das principais legislações de âmbito municipal vigentes. Em especial foram consultados o Plano Diretor Urbano e Ambiental, aprovado pela Lei Municipal nº 4.267/2018, que estabelece normas, princípios e diretrizes para sua implantação, sendo um instrumento básico da política de desenvolvimento urbano da cidade (Rolante, 2018), Código de Edificações Municipal, Lei nº 4.359/2019, e regras de Parcelamento do Solo, Lei nº 4.383/2019, verificando como estas legislações regram, de forma direta ou indireta, sobre o uso e ocupação de áreas sujeitas à inundação.

4. RESULTADOS

Muitos dados ainda necessitam de complementação, uma vez que este estudo está em andamento. Todavia, ilustramos e detalhamos as informações com base nos dados mais recentes disponíveis.

4.1 Setorização das áreas de risco

Os trabalhos desenvolvidos por CPRM (CPRM, 2012; CPRM, 2016) e COMITESINOS (COMITESINOS, 2016), embora contenham levantamentos iniciais sobre o mapeamento das áreas de risco existentes no município de Rolante e sejam de grande valia para a realização dos trabalhos desenvolvidos pela Defesa Civil municipal e pelos demais setores de fiscalização e planejamento, não dispõem de informações detalhadas que pudessem ser incorporadas neste trabalho.

Os mapeamentos desenvolvidos ou contratados pela Prefeitura Municipal de Rolante são, essencialmente, o mapa de inundação elaborado pela empresa Bhios Ambiental e o mapa constante no Plano Diretor Urbano e Ambiental da cidade, Figura 2.

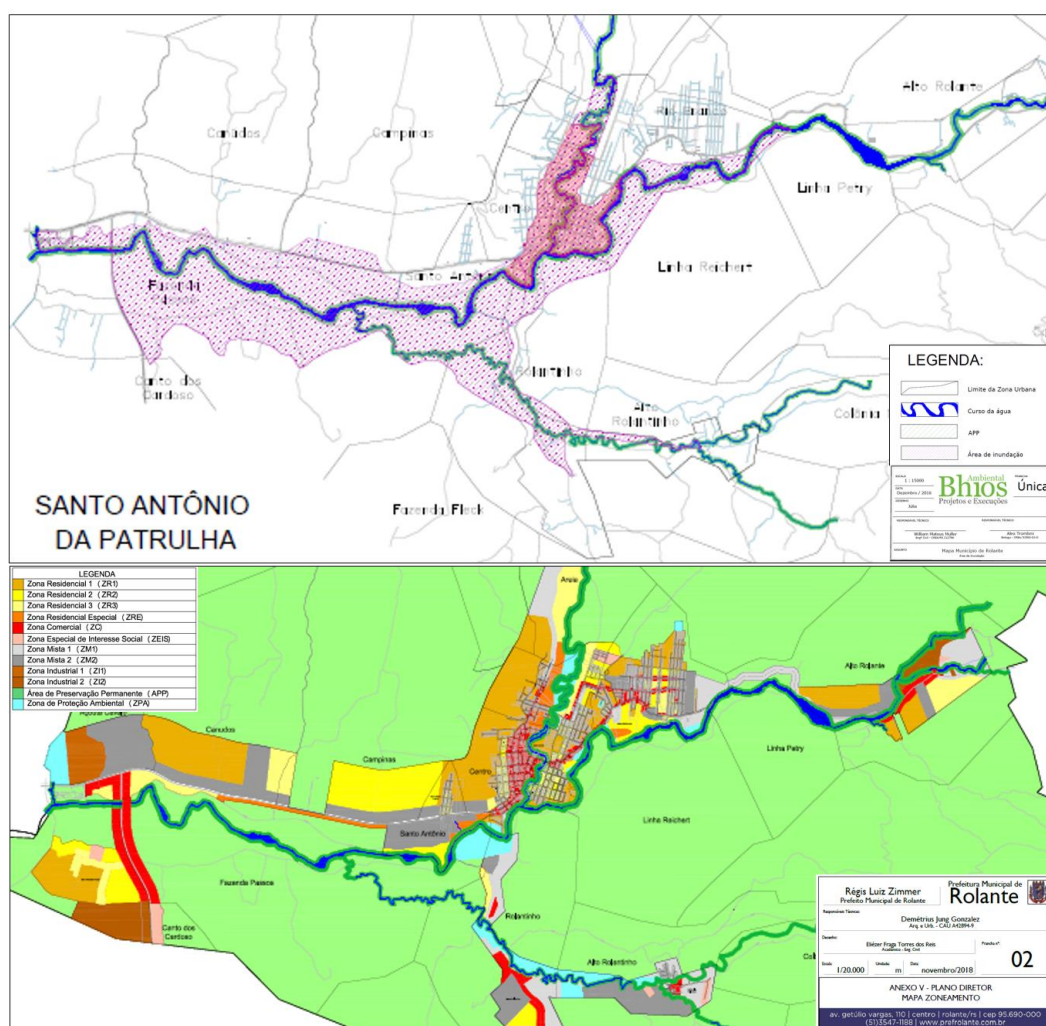


Figura 2.- Comparativo entre o mapa desenvolvido pela empresa Bhios, e o mapa aprovado pelo Plano Diretor de Rolante (Rolante, 2016; Rolante, 2018)

O mapa desenvolvido pela Bhios foi elaborado com base em dados de curva de nível do solo, bem como nas informações da Defesa Civil municipal e nas séries históricas das inundações no município. Auxilia como referência para entender, de maneira macro, quais locais são atingidos pelas inundações, entretanto, não dispõe de informações quanto a profundidade ou velocidade das águas,

tão pouco quanto ao tempo de retorno utilizado, o que limita o seu uso neste estudo. Os mapas foram disponibilizados em formato PDF e DWG, acessados respectivamente pelo programa Adobe Acrobat Reader DC, versão 2022.001.20117 e pelo programa AutoCAD, versão 2013.

Já o mapa do Plano Diretor Urbano e Ambiental está mais relacionado ao regramento de uso e ocupação do solo e o mapeamento das áreas inundáveis é insuficiente ou inexistente. O que mais se aproxima das áreas inundáveis são as Zona de Proteção Ambiental (ZPA), mas que englobam também áreas com risco a movimento de massa, como as áreas de encostas, e que carece de detalhamento, não possuem nenhum dado de profundidade, velocidade da água ou tempo de retorno, e abrangem uma parcela muito pequena da planície de inundação se comparado ao mapa da Bhios ou da METROPLAN. Este mapa foi disponibilizado m formato PDF e acessado pelo programa Adobe Acrobat Reader DC, versão 2022.001.20117.

Os trabalhos desenvolvidos pela Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional (METROPLAN) são os mais completos se pensarmos em detalhamento de informações técnicas. Foram disponibilizados diversos documentos, relatórios, estudos e mapas que compuseram os Estudos de Alternativas e Projetos para Minimização do Efeito das Cheias na Bacia do Rio dos Sinos (METROPLAN, 2018).

Os mapas foram produzidos considerando os tempos de retorno de 5, 10, 25, 50 e 100 anos. Para este estudo, consideramos somente os mapeamentos com TR 100, analisando os dados de profundidade e velocidade da água, além das áreas mapeadas como alto risco à vida, que são as áreas com maiores profundidades e maiores velocidades, e as áreas classificadas com restrição de ocupação, sendo estas todas as áreas existentes dentro do mapeamento da planície de inundação (METROPLAN, 2018), Figura 3.

Os mapas foram disponibilizados nos formatos em PDF, dentro dos relatórios elaborados pela METROPLAN, acessados com o programa Adobe Acrobat Reader DC, versão 2022.001.20117, e em formato de arquivos tipo *shape file*, acessados com o programa ArcGIS Desktop 10.7, versão 10.7.0.10348 e convertidos para o formato KMZ, para acesso pelo programa Google Earth Pro, versão 7.3.4.8573.

Com base nos critérios sugeridos por METROPLAN (2018), temos a divisão e definição de quatro zonas dentro da planície de inundação, sendo: Zona de Alto Risco a Vida (ZRV), localizada na zona de passagem das cheias; Zona com Restrição a Ocupação 1 (ZRO1), sendo aquela área localizada dentro do perímetro com restrição de ocupação, onde a profundidade da lâmina d'água é de até 50 cm; Zona com Restrição a Ocupação 2 (ZRO2), sendo aquela área localizada dentro do perímetro com restrição de ocupação, onde a profundidade da lâmina d'água varia de 50 cm a 1 m; e, Zona com Restrição a Ocupação 3 (ZRO3), sendo aquela área localizada dentro do perímetro com restrição de ocupação, onde a profundidade da lâmina d'água é superior a 1 m.

Então, geramos os mapas em KMZ com a ZRO1 (profundidade até 0,5 m), ZRO2 (profundidade entre 0,50 m e 1 m), e ZRO3 (profundidade acima de 1 m), além da ZRV (velocidade X profundidade maior que 0,5 m³/s), com base nos dados fornecidos pela METROPLAN (2018), Figura 3.

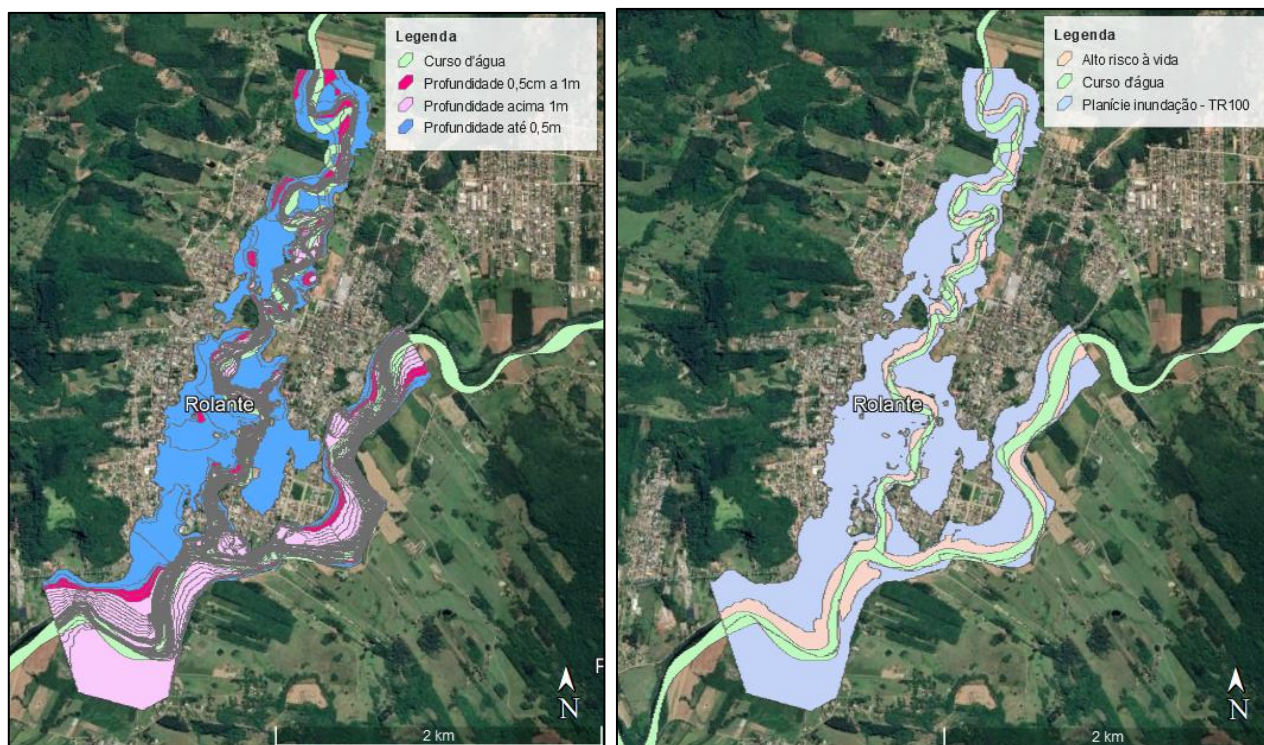


Figura 3.- Planície de inundação TR 100 do município de Rolante com destaque para a ZRO1, ZRO2, ZRO3 e ZRV (METROPLAN, 2018, modificado pelo autor)

4.2 Estratégias de gerenciamento e planejamento

O plano diretor é um instrumento que possui diretrizes mínimas para sua elaboração, devendo considerar alguns requisitos técnicos, os anseios e necessidades da população, de forma a reduzir conflitos, organizar o território, além de evitar o crescimento e desenvolvimento descontrolado e desordenado, e zonedar as áreas da cidade. Ainda, o plano precisa ser aprovado por lei específica (Brasil, 2001; Goldmeier e Jablonski, 2005).

Os dados fornecidos pela METROPLAN permitem que o órgão público municipal crie diversas estratégias para minimização dos impactos causados pelas inundações. A subdivisão da planície de inundação permite que o gestor municipal possa traçar diferentes alternativas de uso e proteção das destas áreas, conforme as suas características.

Para o município de Rolante a METROPLAN (2018) analisou 3 propostas de cenários de intervenção, sendo o Cenário 0 (C0) a situação sem nenhuma intervenção. O Cenário 1 (C1) como sendo o cenário onde são empregadas medidas não estruturais, como o zoneamento das áreas inundáveis e a aplicação de medidas de controle de uso do solo, e o Cenário 2 (C2) como sendo o cenário com a aplicação de medidas estruturais, como diques. Na avaliação realizada, conforme o custo a ser empregado, considerando um horizonte de 30 anos, o C1 se mostrou o cenário mais favorável a ser aplicado em Rolante (Tabela 1).

Tabela 1.- Avaliação dos cenários de intervenção propostos para Rolante (METROPLAN, 2018; adaptado pelo autor)

ROLANTE	
C0	<ul style="list-style-type: none"> • Prejuízo (VPL): R\$25,8 milhões • Edificações atingidas: 800
C1	<ul style="list-style-type: none"> • Investimento (VPL): R\$0,00 • Edificações desapropriadas: 0 • Edificações convivendo: 800 • Prejuízo remanescente (VPL): R\$25,8 milhões

continuação....

C2	<ul style="list-style-type: none"> • Custo total (VPL): R\$31,6 milhões <ul style="list-style-type: none"> • Investimento inicial (VPL): R\$24 milhões • Operação e manut. anual: R\$1,3 milhões • Edificações desapropriadas: 77 • Edificações convivendo: 0 • Prejuízo remanescente (VPL): R\$0,00
----	---

Para os locais mapeados pela Bhios e que não foram abrangidos pelo estudo da METROPLAN, recomenda-se a realização do levantamento e classificação de risco destas áreas, conforme a metodologia descrita por Brasil (2007), para que possam ser objeto de controle e planejamento por parte da Defesa Civil municipal, a exemplo do trabalho realizado pela CPRM, que mapeou a área central da cidade, classificando-a com Grau de Risco Alto, com 1.288 residências em risco e 5.152 pessoas expostas (CPRM, 2012; CPRM, 2016).

Ademais, sugere-se que seja verificada a possibilidade de que os dados elaborados pela METROPLAN possam ser extrapolados para as áreas mapeadas pela Bhios, possibilitando que a totalidade das áreas inundáveis possua regras de uso e controle.

Até lá, o município pode melhorar o regramento da Zona de Proteção Ambiental (ZPA), deixando mais claro qual a finalidade de uso e proteção destas áreas, e quais seriam as exceções onde se poderia intervir nestes locais, uma vez que a legislação municipal atual é bastante omissa quanto a este quesito.

4.2.1 Orientações adicionais

A elaboração de um manual tem como objetivo a descrição de orientações sobre a gestão de riscos a ser utilizado pelos órgãos municipais em seu processo de planejamento e ordenamento territorial (Brasil, 2018). Essas orientações têm caráter sugestivo, cabendo ao gestor ou técnico municipal a competência para decidir sobre quais caminhos seguir.

A aplicação do manual, seu nível de detalhamento e a hierarquização das áreas a serem analisadas e mapeadas compete ao município, em função das suas decisões político-administrativas, condições socioeconômicas, técnicas, além das necessidades locais (Brasil, 2018).

Para o desenvolvimento de diretrizes relacionadas ao uso ou restrição do uso de áreas inundáveis, é recomendável a observância de alguns conceitos (Ministério Público Estadual, 2016): 1) O Plano Diretor municipal deve ser utilizado para avaliar e regradar os possíveis usos das áreas inundáveis, quando aplicável, priorizando o uso destas áreas para instalação de locais voltados à recreação, lazer, educação, esporte e cultura; 2) A autorização ou licenciamento de obras de engenharia e drenagem devem ter especial atenção durante o projeto e execução. Seus projetos devem estar embasados em estudos consistentes; 3) Os vazios urbanos existentes, bem como as áreas rurais sem edificação e que estejam localizados na planície de inundação, devem priorizar pela não intervenção, visto a sua importância como áreas para retenção, infiltração e retardo das águas; 4) As áreas de preservação permanente devem ser recuperadas e preservadas; 5) Critérios para a implantação de sistema de compensação ambiental pela impermeabilização do solo podem ser elaborados, em situações onde esta alternativa possa ser permitida.

A exemplo dos Estados Unidos, é recomendável utilizar o tempo de retorno de 100 anos como medida regulatória. Como medida complementar, tem-se a definição de que a instalação de novos empreendimentos deve ser executada de maneira segura, seja para a própria edificação ou para as pessoas que a ocuparem, bem como a intervenção na planície de inundação não poderá alterar o nível da cota de inundação em mais de 0,3 m (Ludy e Kordolf, 2012, tradução nossa).

Qualquer intervenção na planície de inundação que possa elevar os níveis d'água necessitará que sua viabilidade hidráulica seja verificada de forma individual e, caso necessário, deverão ser avaliadas quais são as contrapartidas para a mitigação de tal externalidade às regiões vizinhas já consolidadas. Este procedimento pode ser conduzido através de Estudos de Impacto de Vizinhança (EIV) (METROPLAN, 2018).

Sempre que possível, as construções na planície de inundação deverão prever o uso sobre pilotis ou outro meio que permita o livre escoamento das águas, assim como o cercamento dos terrenos nestes locais deverão ser constituídos por cercas, grades ou outros elementos vazados, reduzindo o bloqueio das águas (Rolante, 2019).

5. CONCLUSÕES

O processo de planejamento urbano é um trabalho minucioso que precisa ser realizado através de um processo participativo do Poder Público com os representantes dos diferentes setores da sociedade, levando em consideração a sua interação com os municípios vizinhos (Brasil, 2007).

O uso de dispositivos legais para o gerenciamento das áreas de risco possibilita uma maior efetividade de execução, legitimando, por exemplo, os trabalhos desenvolvidos pela Defesa Civil municipal (Brasil, 2007).

Observou-se que os estudos realizados pela METROPLAN para o município de Rolante contribuem significativamente para embasar a tomada de decisão pelo poder público, cabendo a ele incorporar o mapeamento da planície de inundação no regramento e zoneamento do Plano Diretor Municipal.

Embora o mapa elaborado pela Bhios não disponibilize informações mais detalhadas, pode servir como alternativa para que se iniciem medidas preventivas ao uso e ocupação do solo nas áreas inundáveis, naquelas parcelas do território municipal não abrangidas pelo estudo da METROPLAN.

Esperamos que este estudo possa auxiliar o processo de planejamento, ordenamento territorial e de fiscalização no município de Rolante.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradecemos também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

REFERÊNCIAS

- Brasil** (2018). “Manual Técnico para Redução de Riscos de Desastres Aplicado ao Planejamento Urbano [...]”. Brasília: Ministério das Cidades. Versão 1.1, 187 p.
- Brasil** (2007). “Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios” / Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, organizadores – Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 176 p.
- Comitesinos** (2016). “Delimitação Geográfica da Planície de Inundação do Rio dos Sinos”, COMITESINOS. Disponível em: <http://www.comitesinos.com.br/risco/>. Acesso em: 20 mai. 2022.
- CPRM** (2012). “Ação Emergencial para Reconhecimento de Áreas de Alto e Muito Alto Risco a Movimentos de Massa e Enchentes - Rolante - RS”. Serviço Geológico do Brasil. Brasília: DF, 10 p.
- CPRM** (2016). “Ação Emergencial para Reconhecimento de Áreas de Alto e Muito Alto Risco a Movimentos de Massa, Enchente e Inundação - Rolante - RS”. Serviço Geológico do Brasil. Brasília: DF, 16 p.
- Denardim, J. M.** (2019). “Laudo Técnico Rio Areia – Diagnóstico e Medidas Mitigatórias”. Prefeitura de Rolante, RS, 39 p.
- Escher, O. G.** [2017-?]. “Estratégia de Ações para ocupação urbana sustentável em áreas ribeirinhas do Rio dos Sinos – RS”. ADESCan/Canoas, RS, 20 p.

- Feitosa, F. A. C. et al** (2008). “Hidrogeologia: conceitos e aplicações”. 3. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: CPRM: LABHID. 812 p.
- Filho, A. G. de A.; Széliga, M. R.; Enomoto, C. F.** (2000). “Estudos de medidas não-estruturais para controle de inundações urbanas”. Ciên. Ex. Terr., Ciênc. Agr. Eng./UEPG. 6(1): p. 69-90.
- Frutuoso, G. K. C.; Grigio, A. M.; Barros, T. C. A. N.** (2020). “Inundações urbanas: um olhar para o planejamento urbano na revisão do plano diretor de Assú – RN, Brasil”. RNGC, Vol. 08, N. 61, pp. 118-134.
- IBGE** (2022). “Panorama do território municipal”. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/rolante/panorama>. Acesso em: 19 mai. 2022.
- Leal, M.** (2019). “Cheias e inundações urbanas: tipos, características e danos materiais”. In: Ramos-Pereira, Ana... [et al.]. Água e Território: um tributo a Catarina Ramos. Lisboa: CEG, p. 131-146.
- Ludy, J.; Kondolf, G. M.** (2012). “Flood risk perception in lands “protected” by 100-year levees”. Nat Hazards, Vol. 61, p. 829-842.
- MDR** [202-?]. “Guia para Elaboração e Revisão de Planos Diretores”. Ministério do Desenvolvimento Regional. Brasília: DF, 460 p.
- Metroplan** (2018). “Estudos de Alternativas e Projetos para Minimização do Efeito das Cheias na Bacia do Rio dos Sinos”. Governo do Estado do Rio Grande do Sul, Contrato nº 003/2015, 2018.
- Ministério Público Estadual** (2016). “Procedimento Administrativo 01336.00042/2016 - Reunião do grupo de trabalho da planície de inundação do Rio dos Sinos”. Governo do Estado do Rio Grande do Sul, dezembro 2016.
- Prina, B. Z.; Trentin, R.** (2018). “Tempo de retorno de inundações: aplicação metodológica”. Geosp – Espaço e Tempo (Online), v. 22, n. 3, p. 670-686. ISSN 2179-0892.
- Ramos, H. M. et al.** (2017). “Urban Floods Adaptation and Sustainable Drainage Measures”. Fluids (MDPI), 2, 61, 18 p.
- Rolante** (2018). “Lei nº 4.267, de 18 de dezembro de 2018. “Consolida o Plano Diretor Urbano e Ambiental Municipal e Estabelece as Diretrizes e Proposições de Desenvolvimento no Município de Rolante [...]”. Rolante, RS: Gabinete do Prefeito. Disponível em: <https://rolante.cespro.com.br/visualizarDiploma.php?cdMunicipio=7830&cdDiploma=201842671&NroLei=4.267&Word=4267&Word2=>. Acesso em: 20 mai. 2022.
- Rolante** (2019). “Lei nº 4.359, de 25 de junho de 2019. “Institui o Código de Edificações do Município de Rolante [...]”. Rolante, RS: Gabinete do Prefeito. Disponível em: <https://rolante.cespro.com.br/visualizarDiploma.php?cdMunicipio=7830&cdDiploma=201943591&NroLei=4.359&Word=4359&Word2=>. Acesso em: 20 mai. 2022.
- Rolante** (2019). “Lei nº 4.383, de 27 de agosto de 2019. “Dispõe sobre o Parcelamento do Solo e dá Outras Providências”. Rolante, RS: Gabinete do Prefeito. Disponível em: <https://rolante.cespro.com.br/visualizarDiploma.php?cdMunicipio=7830&cdDiploma=201943834&NroLei=4.383&Word=4383&Word2=>. Acesso em: 20 mai. 2022.
- Rolante** (2016). “Mapa Município de Rolante – Área de Inundação”. Rolante, RS: Departamento de Meio Ambiente. Elaborado por: Bhios Ambiental. Escala 1:15.000.
- Tingsanchali, T.; Karim, M. F.** (2005). “Flood hazard and risk analysis in the southwest region of Bangladesh”. Hydrological Processes, Vol. 19, pp. 2055-2069.
- Tucci, C. E. M.** (1999). “Aspectos institucionais do controle das inundações urbanas”. I Seminário Rec. Hídr. Centro-Oeste. Brasília. 16 p.
- Tucci, Carlos E. M.** (2005). “Gestão de águas pluviais urbanas”. Ministério das Cidades – Global Water Partnership – World Bank – UNESCO. 270 p.
- U.S. Environmental Protection Agency** [202-?]. “Stream corritor restoration: principles, processes and practices”. United States. Disponível em: http://cfpub.epa.gov/watertrain/moduleFrame.cfm?parent_object_id=610. Acesso em: 06 jan. 2022.